第 22 卷 第 3 期
1979 年 8 月

昆 虫 学 报
ACTA ENTOMOLOGICA SINICA

Vol. 22, No. 3
Aug., 1979

昆虫保幼激素类似物对棉蚜形态和不育的效应*

慕立义 牟吉元 赵善欢
（山东农学院昆虫学教研组）（华南农学院植物化学保护教研组）

认识昆虫保幼激素对昆虫生长发育所起的调节作用已有较长时期，而探索用人工合成昆虫保幼激素类似物防治害虫还是近一、二十年的事。近年来，一些试验结果证明 ZR-777 等对蚜虫有很高的生理活性；Nassar (1973), Tamaki (1973), Benskin (1973), Kuhr (1973) 及广东农林学院 (1976) 等都有报道，但对不育类型，不育个体的不育程度与寿命，尤其是对胚胎发育影响，尚未见系统报道。本文比较系统地讨论这一问题。在室内和田间试验基础上，还初步提出该类化合物对蚜虫活性测定程序和鉴定指标。

一、试验材料与方法

（一）供试样品

1. ZR-777 (炔虫酯，Kinoprene)，有效成分含量 86.5%。美国佐康 (Zoecon) 公司合成，已接近商品化。我们在系统试验中均以此样品为主，并用中山大学的 JS-23 (即 ZR-777) 和江苏省金坛县激素研究所的 65% ZR-777 做了活性比较测定。结构式：

反，反-3, 7, 11-三甲基-2, 4-十二碳-双烯酸丙炔酯

2. 沪农-20(SA-20)，为 ZR-515 的同系物，供试样品有效成分含量 40%，由上海农药研究所合成。据我们测定对棉蚜生理活性很高，值得重视。结构式：

反，反-11 氯-3, 7, 11-三甲基-2, 4-十二碳-双烯酸乙酯

3. JS-31，由中山大学化学系合成，是 ZR-777 类似物，对棉蚜活性尚高。结构式：

反，反-3, 7, 11-三甲基-2, 4-十二碳-双烯酸丙烯酯

* 本文 1978 年 8 月收到。系华南农学院植物化学保护教研组与山东农学院昆虫学教研组协作试验第二部分(第一部分发表在昆虫学报：19(3), 263-81, 1976)。本文蒙张之光副教授提供宝贵意见，进修教师刘克山同志曾协助部分试验，特此致谢。

4. 室内与田间药效试验还用过以下五种样品：中山大学的 JS-12 即 ZR-512(反、反-3, 7, 11-三甲基-2, 4-十二碳-二烯酸乙酯）和 734-II, 上海农药研究所及美国佐康公司的 ZR-515, 上海有机化学所的 738 等，其化学结构式见昆虫学报 **19**(3):264(1976)。

（二）供试棉蚜及测定方法

供试棉蚜（*Aphis gossypii* G.）来自山东农学院棉花温室，连续植棉六年，喷有机磷杀虫剂百次以上。试蚜龄期鉴定：3 龄有翅胎生若蚜（以下简称有翅若蚜）的翅芽为乳白色，4 龄则为黑色，伸达腹部 1—2 节。而 3 龄与 4 龄无翅胎生若蚜(以下简称无翅若蚜)，或 4 龄与无翅胎生成蚜（以下简称无翅成蚜）直观形态差异不显著，若经镜鉴再试验，则易伤虫体。以定期饲养初步决定其发育阶段，试验时再辅以抽样镜鉴。经多次预试，在 20—30℃ 下，于 24 小时繁殖的小若蚜，经一天内为 1 龄，2—3 天内为 2 龄，5—6 天内为 3—4 龄，9 天后全部为成蚜。试验时，1—2 龄未做有翅型与无翅型区分。效果检查均在双管镜下进行。

保幼激素类似物中加入被水稀释量的 0.2% 苏泡尔乳化剂(复合型，Sorpol 144C，日本出品)，调匀后再加水稀释。棉种岱字 15 号，棉苗 2 真叶期前接虫，定量喷雾，笼罩内试验。对照喷洒药液中同浓度乳化剂。每处理重复 3—6 次。试验分三步，第一步做预试，第二步做形态观察和生殖系解剖，第三步做数量统计。试验在温室内进行，温度 25℃±5℃，相对湿度 49—88%。

二、试 验 结 果

（一）ZR-777 对棉蚜致死力和繁殖力的影响

用保幼激素类似物喷雾处理棉蚜后，隔天记载受试蚜存活数，并将其繁殖的小若蚜记数后除去。结果（表 1）表明，ZR-777 0.087% 或 0.029% 浓度对 3—4 龄无翅或有翅若蚜、无翅或有翅成蚜均有致死作用，残存蚜虫的繁殖力也显著降低，对无翅型蚜虫的活性大于对有翅型蚜虫的活性，高浓度大于低浓度的活性。再以处理后 48 小时的存活受试蚜为基数，将以后各天受试蚜虫尚存活数和繁殖小蚜数经换算绘制成图 1。由图可见，ZR-777 引起各形态蚜虫死亡一般表现于处理后的六天以内。而对繁殖力影响，0.087% 浓度处理一开始就抑制繁殖，后期更为明显；而 0.029% 浓度处理，前六天左右的繁殖力并未现下降，此后，繁殖力才显著低于对照。

（二）ZR-777 对成蚜生殖系统及其后代的影响

1. 对成蚜生殖系统影响

用 ZR-777 0.029% 浓度处理无翅成蚜后的六天内，无论是从各天第一胎室内后期胚胎数，还是从第一、二、三胎室内总胚胎数，处理的均高于对照，说明处理后六天内能促进胚胎发育；但至第七天，情况开始反转，详见表 2。若用 0.089% 浓度处理，第二天胚胎发育速度低于对照，第一胎室内后期胚胎数及第一、二、三胎室内总胚胎数分别为 3.4 个及 5.4 个，而对照则分别为 4.4 个及 9.6 个。处理后第四天，其胚胎发育仍加速，如第六天，第一

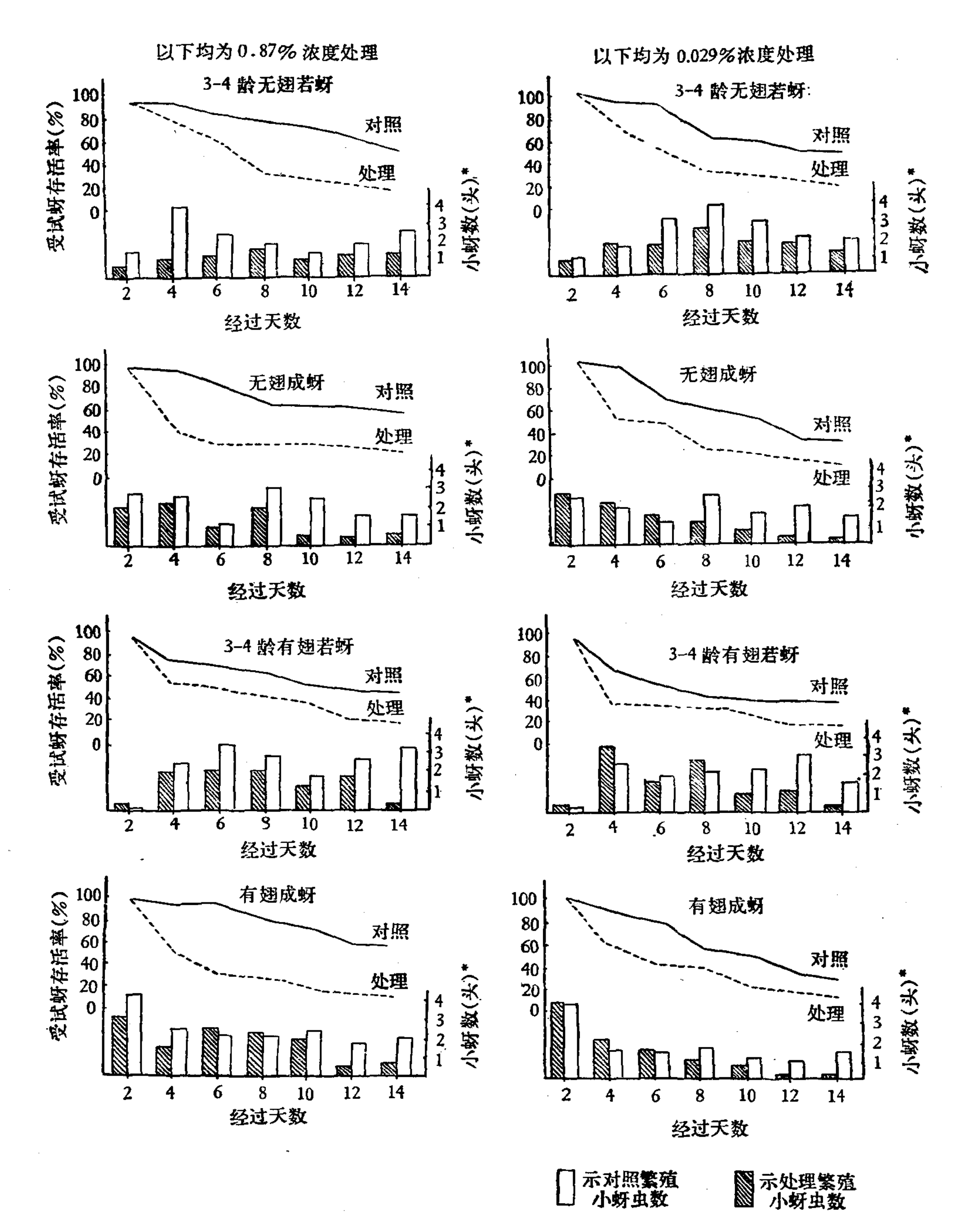


图 1　ZR-777 处理棉蚜 48 小时后的死亡速率及尚存活受试蚜的繁殖力

$*\frac{\text{当天共繁殖小蚜虫数}}{\text{当天存活受试蚜虫总数}}$ = 当天每头存活受试蚜虫平均繁殖小蚜虫数

胎室内后期胚胎数及第一、二、三胎室内总胚胎数分别为 3.8 个及 8.1 个，而对照同期仅分别为 1.6 个及 4.4 个。总的看，ZR-777 对蚜虫胚胎发育有促进作用，只有用高浓度处理，刚开始的一、二天内对胚胎发育才有抑制作用。

表1 ZR-777 对棉蚜致死力和繁殖力(F_1)的影响(山东农学院温室,盆栽试验 1976 年 4 月)

受试蚜虫虫态	药液浓度(有效成分)	受试蚜数	处理后2天		处理后14天		处理后14天内		
			存活受试蚜虫	死亡率(%)	存活受试蚜数	死亡率(%)	共繁殖小若蚜数	小若蚜数/每天/每头存活蚜*	较对照繁殖力降低(%)
3—4 龄无翅若蚜	0.087%	136	49	60.4	8	94.1	360	1.2	50.0
	对照	50	44	12.0	26	48.0	1098	2.4	—
无翅成蚜	0.087%	147	58	60.5	15	89.8	562	1.1	45.0
	对照	51	39	23.5	22	56.9	943	2.0	—
3—4 龄有翅若蚜	0.087%	147	71	51.7	17	88.4	810	1.7	34.6
	对照	62	54	12.9	24	61.3	1143	2.6	—
有翅成蚜	0.087%	141	55	61.0	8	94.3	872	1.4	30.0
	对照	41	29	29.3	17	58.5	949	2.0	—
3—4 龄无翅若蚜	0.029%	141	78	44.7	18	87.3	901	1.4	39.1
	对照	62	60	3.2	26	54.9	1338	2.3	—
无翅成蚜	0.029%	150	67	55.3	10	93.3	862	1.0	37.5
	对照	60	49	18.3	18	70.0	903	1.6	—
3—4 龄有翅若蚜	0.029%	150	75	50.0	16	89.3	625	1.6	20.0
	对照	60	53	11.7	21	65.0	780	2.0	—
有翅成蚜	0.029%	150	56	62.7	9	94.0	837	1.0	23.1
	对照	60	43	28.3	13	78.3	812	1.3	—

$* = \frac{\Sigma 14\text{ 天内各天繁殖小若蚜数}}{\Sigma 14\text{ 天内各天存活受试蚜数}}$

应当指出,能促进胚胎发育,并不意味繁殖力或生存率的提高。用 ZR-777 0.087% 处理无翅成蚜后第二天,镜检中发现部分成蚜腹部末端附有已死的小若蚜。剖腹检查,有的小若蚜死于胎胚中,有的一半身躯留于中输卵管末端,另一半露出生殖孔。镜检棉叶上的小若蚜 40 头中,死亡 13 头,其余 27 头经饲养,仅有 10 头发育成 2 龄若蚜。而对照组繁殖的小若蚜则能正常生存则能正常生育。

2. 对成蚜后代的影响

用 ZR-777 0.087% 处理一批无翅成蚜,移到无药膜的棉苗上饲养,重复六次,试蚜共 60 头。经 2、4、6 天,依次将受药蚜移到无药棉苗上,乃获得处理后三个时间内繁殖的小若蚜,分别饲养。并设对照,处理方法同上。

试验结果:处理的成蚜在二天内繁殖的小若蚜不但在幼龄期继续死亡,而其残存个体中有 98.8% 不能发育为成蚜,成为绝无繁殖力的超龄若蚜。处理后 2—4 天内繁殖的若蚜,亦有 25.7% 为超龄若蚜。处理后 4—6 天内繁殖的若蚜,则均可发育为成蚜。将超龄若蚜单独饲养 5、10 及 15 天,死亡率(%)分别为 76.7,90.0 及 100.0;而对照成蚜在上述时间的死亡率(%)仅分别为 16.7,23.3 及 30.0。证明超龄若蚜是短命的。可见

表 2　ZR-777 0.029% 浓度处理棉蚜无翅成蚜对其胚胎在卵管内发育速度的影响*

（按每头成蚜计）　　(1976 年 4 月)

处理后天数	处理	观察头数	第一胎室内各期胚胎数			第二胎室内各期胚胎数			第三胎室内前期胚胎数**	第一、二、三胎室胚胎数合计
			前期	中期	后期	前期	中期	后期		
2	ZR-777	7	0	1.3	6.4	0	1.3	0	0	9.0
	对照	5	0	4.4	3.0	0	0	0	0	8.8
4	ZR-777	8	0	4.0	7.0	0.5	4.8	0.6	0.3	15.9
	对照	7	1.1	3.7	1.9	0	0	0	0	6.7
6	ZR-777	5	1.6	3.4	4.8	0.4	0	0	0	10.0
	对照	4	3.0	3.8	1.3	0	0	0	0	8.0
7	ZR-777	10	0.7	0.9	0.4	0	0	0	0	2.0
	对照	8	0.8	1.3	0.8	0	0	0	0	2.8

* 为了观察 ZR-777处理后对胚胎发育速度影响，将卵巢下部的三个胎室内的胚胎，由下而上分别称为一、二、三胚胎，按发育进度分为三级：

前期胚胎：体较小，乳白色成分多，复眼小，淡红色，附肢不明显。

中期胚胎：体较小，基本黄色，复眼较大，红色或带紫红色，附肢明显。

后期胚胎：体大，橙黄色，复眼大，紫红—红褐色，附肢近游离。

** 第三胎室内均无中后期胚胎。

ZR-777 对无翅成蚜活性是较强的，不但能直接作用于胚胎，而且还能使倖存若蚜的生长和发育受到干扰。但又可看出，ZR-777 在成蚜体内是较易被分解的，4 天后已失去对胚胎的活性。

3. 超龄若蚜外部形态及生殖系统描述

超龄若蚜无生殖板，与 4 龄若蚜相同；尾片长于 4 龄若蚜，但仍保持若蚜的长三角圆突状，而未现成蚜的乳突状，这与菜缢管蚜的超龄若蚜相似(广东农林学院，植物化学保护教研组，1976)，不同点在于棉蚜超龄若蚜尾片两侧有三根曲毛，而后者没有。棉蚜超龄若蚜腹面有不明显的膜质皱褶，为要脱皮而脱不下，有的脱下部分表皮缠捆在腹部末端和后足上，也有的能将表皮全部脱下。随时间延长，体形逐渐膨大，暗墨绿色，表皮似较厚而有韧性，由于腹部膨大而使节间不明显，透过背面可见红色至紫红色眼点，胚胎深挤至胸腔内。外部形态见图 2。体形膨大后，行为迟钝，很难见到口器插入棉叶组织，似厌食，易

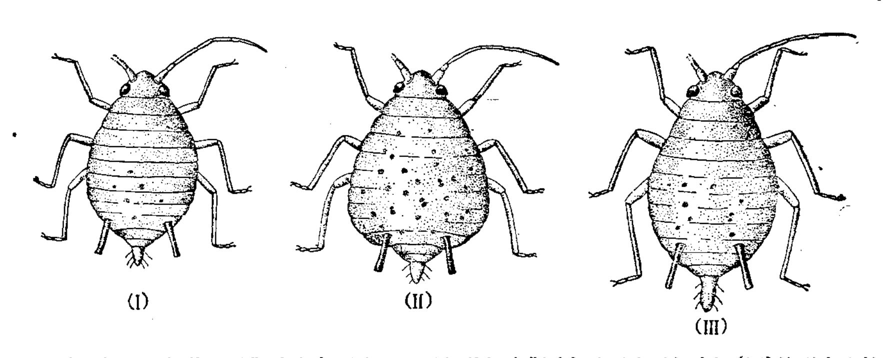


图 2　棉蚜超龄无翅若蚜后期 (II) 与正常 4 龄无翅若蚜末期 (I) 及正常无翅成蚜 (III) 的形态比较

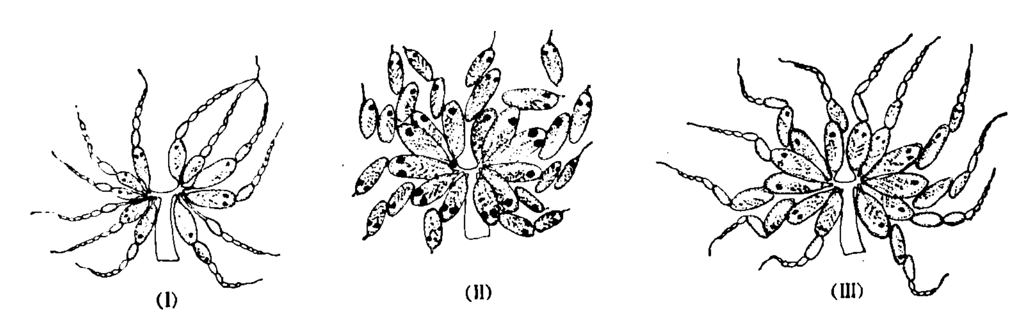


图 3 棉蚜超龄无翅若蚜后期生殖系 (II) 与正常 4 龄无翅若蚜末期生殖系 (I) 及正常无翅成蚜生殖系 (III) 的形态比较

表 3 ZR-777 0.087% 浓度处理棉蚜无翅成蚜后 2—4 天内胎生小若蚜发育成超龄若蚜或成蚜其卵管内胚胎发育速度

(按每头试蚜计) (1976 年 4 月)

处理无翅成蚜后2—4天内胎生小若蚜发育天数	处理	试蚜虫态	观察头数	第一胎室内各期胚胎数			第二胎室内各期胚胎数			第三胎室内各期胚胎数			第一、二、三胎室内总胚胎数
				前期	中期	后期	前期	中期	后期	前期	中期	后期	
8	ZR-777	超龄无翅若蚜	19	2.5	4.2	1.9	0.3	0	0	0	0	0	8.9
	对照	无翅成蚜	4	1.8	2.5	2.8	0	0	0	0	0	0	7.1
		4 龄无翅若蚜	9	2.9	3.6	0	0	0	0	0	0	0	6.5
9	ZR-777	超龄无翅若蚜	17	0.5	2.0	6.4	2.0	1.0	0	0	0	0	11.9
		无翅成蚜	1	0	2.0	4.0	1.0	0	0	0	0	0	7.0
	对照	无翅成蚜	20	0	0.8	2.2	1.0	0.1	0	0	0	0	4.1
13—15	ZR-777	超龄无翅若蚜	7	0	0	12.6	0	2.1	9.1	0.4	2.6	2.9	29.7
		超龄有翅若蚜	1	0	12.0	0	10.0	2.0	0	2.0	0	0	26.0
18	ZR-777	超龄有翅若蚜	6	0.2	0.3	10.3	0	0.3	10.3	0.6	1.2	2.7	26.0
	对照	无翅成蚜	9	1.9	1.3	3.0	0.4	0	0	0	0	0	6.6

被震落。

发育到后期的超龄若蚜，胚胎几乎全部发育成后期胚胎（表 3），附肢游离。由于胚胎大，卵管壁受胀压而很薄，甚易被弄破。胚胎在卵管中呈不规则排列，略带锯齿状。第三胎室以上胚胎不再发育（见图 3）。大量胚胎挤压胸腔、内脏，可能是致死的原因之一。

4. 对有翅成蚜的影响

ZR-777 对有翅成蚜的作用，基本上同于无翅成蚜，但活性较低。用 ZR-777 0.087% 处理后的前两天繁殖的若蚜仅有 55% 发育为超龄若蚜。较处理无翅成蚜同期可得 98.8% 超龄若蚜为低。

（三）ZR-777 对若蚜的形态和生殖系的影响

1. 对若蚜生殖系影响

ZR-777 处理若蚜可直接形成超龄若蚜或若蚜-成蚜中间体。其生殖系统发育显著加快，例如 ZR-777 0.087% 处理 3—4 龄有翅若蚜后第八天超龄若蚜第一胎室的后期胚胎数及一、二、三胎室内胚胎总数分别为 5.0 个及 10.6 个，而对照仅分别为 1.6 个及 4.0 个。同浓度处理 3—4 龄无翅若蚜后第八天，超龄若蚜第一胎室内后期胚胎及一、二、三胎室内胚胎总数分别为 8.0 个及 14.5 个，而对照仅分别 5.0 个及 8.3 个。用 ZR-777 0.029% 浓度处理 3—4 龄无翅或有翅若蚜亦获类似结果。用 ZR-777 处理若蚜能发育为成蚜者，胚胎发育速度亦较对照成蚜为快，但不像超龄若蚜那样显著。

2. 对不同翅型和不同龄期若蚜的活性比较

用 ZR-777 0.087% 及 0.029%，分别处理 3—4 龄无翅若蚜。其超龄若蚜分别占受试蚜的 50.0% 及 47.8%。同样浓度处理 3—4 龄有翅若蚜，超龄若蚜（包括“中间体”）仅分别占受试蚜的 29.0% 及 10%，说明 ZR-777 对有翅若蚜的活性亦低于对无翅若蚜的活性。试验结果进一步证明，龄期越低，对 ZR-777 越敏感，用很低浓度 0.0087% 处理 1 龄若蚜，仍可获得 92.7% 的不育个体，若用该浓度处理 3—4 龄若蚜，则效果很差。

3. 对有翅若蚜形态变异、寿命及繁殖力的影响

用 ZR-777 0.087% 处理三盆棉苗上的 500 头 3—4 龄有翅若蚜，并设对照。处理后第四天，处理组的死亡率为 45.4%，而对照的自然死亡率为 10%。处理组存活蚜有以下四种类型：

（1）形态与成蚜无差异，共 137 头，占存活蚜的 50.2%。

（2）形态与成蚜相似，但翅有各样畸形，飞翔力差，共 61 头，占存活蚜的 22.3%。

（3）若蚜-成蚜中间体，外观似超龄若蚜，保持翅芽状态，较厚，不能竖立而伸向体后侧。有明显或不太明显的生殖板，尾片同于成蚜为乳突状，但不能再发育为成蚜。个体间繁殖力差异很大。共 43 头，占存活蚜的 15.3%。

（4）超龄若蚜，无生殖板，尾片为长三角圆突状，翅芽长于 4 龄若蚜而短于中间体，可继续脱皮或脱不下被捆死。共 33 头，占存活蚜的 12.1%。超龄若蚜及若蚜-成蚜中间体外部形态见图 4 的（I）、（II）。

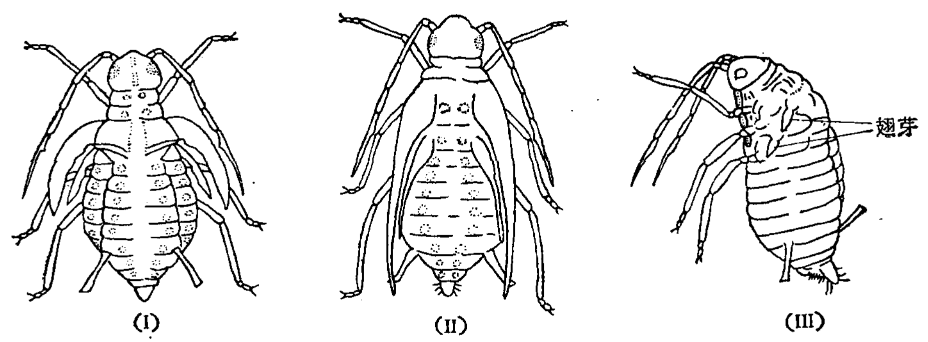


图 4　ZR-777 处理棉蚜若蚜后所获有翅型超龄若蚜（I）与有翅型若蚜-成蚜“中间体”（II）与有翅型-无翅型“中间体”（III）的外部形态比较

将上述四种形态蚜虫分别饲养，其繁殖力见表 4，死亡速率见图 5。

于 4 月中旬采集木槿树上的 4 龄末期有翅胎生若蚜为材料，第二天，对照全部羽化为成蚜，而用 ZR-777 0.029% 浓度处理的，羽化期推迟至处理后四天内，部分死亡于羽化前，繁殖力也有一定程度降低，但未形成不育个体。这可认为：4 龄末期时，成蚜的器官已形成，ZR-777 失去对其形态变异活性。

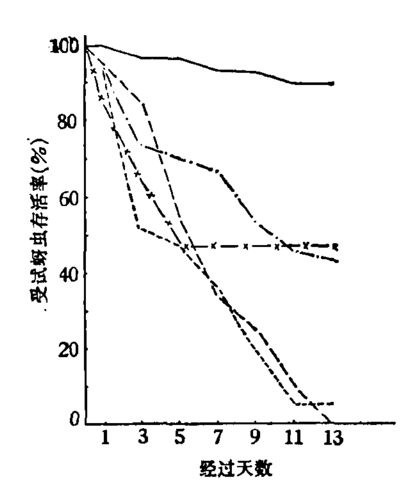


图 5 ZR-777 0.087%液处理棉蚜 3—4 龄有翅若蚜后所获四种形态蚜虫的生存率(%)、时间(天)曲线图

图例：——对照组成蚜；
·—·—·形似正常成蚜；
×—×—×翅皱褶成蚜；
————若蚜-成蚜中间体；
……超龄若蚜

不但用 ZR-777 直接处理有翅若蚜可获若蚜-成蚜中间体，用于处理有翅或无翅成蚜后，头两天繁殖的小若蚜也有少数可发育成有翅型的若蚜-成蚜中间体。至于无翅型的若蚜-成蚜中间体，亦可通过上述两个途径获得，但对其形态鉴别上比较困难，因为它与成蚜区别仅表现于生殖板的颜色较淡。这种个体繁殖力较差。由于该中间体的形态特征不明显，所以，在效果调查时，一般将之做为成蚜。

4. 关于无翅-有翅中间体的产生

所谓无翅-有翅中间体，系指其形态介于有翅型与无翅型之间的个体，形态特征为体两侧有乳白色芽状突出物 [图 4 (III)]，无生殖板，直观似无翅超龄若蚜，不能繁殖而在数天内死去。该中间体，可以处理 3 龄无翅若蚜得到，亦可以从处理无翅成蚜后的前两天内繁殖的小蚜虫中得到，数量虽不多，但表明昆虫保幼激素类似物可以作用于翅的形成，若继续深入研究，可能对防治蚜虫有重要意义。Tamaki (1973) 报道，5 月份在桃树上喷射 ZR-512 (Altozar) 处理桃蚜，可减少 75% 有翅蚜，并把蚜虫迁飞延迟 15 天，这对保护受桃蚜迁飞为害的作物(如马铃薯)是有利的。

表 4 ZR-777 0.087% 浓度处理棉蚜 3—4 龄有翅若蚜后所形成各种形态蚜虫的寿命及繁殖力测定结果

(盆栽试验) (山东农学院温室，1976 年 4 月)

ZR-777 处理后所形成的蚜虫形态	供试蚜数	饲养至第十三天		十三天内繁殖力		
		存活蚜数	死亡率(%)	共繁殖小若蚜数	每头供试蚜平均繁殖小若蚜数	小若蚜数/每天/每头存活试蚜*
形似正常成蚜	30	14	53.3	602	20.1	2.36
形似成蚜但翅皱褶	30	13	56.7	650	21.7	2.11
若蚜-成蚜中间体	20	0	100	221	11.1	1.53
超龄若蚜	19	1	94.6	0	0	0
对照(正常成蚜)	29	26	10.3	1036	35.7	2.79

* 统计方法见表 1 下方注示。

(四) 十种昆虫保幼激素类似物对棉蚜活性比较，活性测定指标与程序

以 1—2 龄若蚜为测定对象，喷药后于笼罩里饲养。处理后第八天，对照组全部羽化

表 5　十种昆虫保幼激素类似物对棉蚜 1—2 龄若蚜活性比较

（盆栽试验，喷药处理后第十天结果）　　（山东农学院温室，1977. 4）

样品名称（供药样单位）	药液中有效成分含量（%）	受试蚜数	受试蚜存活数	受试蚜死亡率（%）	存活受试蚜中不育个体		存活受试蚜繁殖力	
					不育个体数	不育个体占存活蚜率（%）	共繁殖小蚜虫数	每头存活受试蚜平均繁殖小蚜数
沪农-20（上海农药所）	0.040	176	52	70.9	23	44.2	48	0.92
ZR-777（进口）	0.043	667	101	84.9	26	25.7	262	2.60
*JS-23（中山大学）	0.050	355	72	79.8	12	16.7	179	2.77
ZR-777（金坛）	0.065	218	56	73.9	8	14.3	190	3.40
JS-31（中山大学）	0.050	376	111	70.5	5	4.5	401	3.61
ZR-515（进口）	0.065	134	59	56.0	0	0	280	4.74
ZR-515（上海农药所）	0.060	141	63	55.3	2	3.2	367	5.83
ZR-512（中山大学）	0.090	328	70	78.6	2	2.9	375	5.36
738（上海有机所）	0.090	314	81	74.2	0	0	655	8.10
734-II（中山大学）	0.090	313	96	69.3	0	0	502	5.23
对照	0	444	285	35.8	0	0	2025	7.14

* 即 ZR-777。

为成蚜，于第十天检查结果。由表 5 可见，十种样品对 1—2 龄若蚜均有致死作用，死亡率在 60—80% 左右，显著高于对照。但不育体占存活蚜的比率则相差甚大，其高低顺序为沪农-20 > ZR-777 > JS-31 > ZR515、ZR-512、734-II、738 等。这一顺序与各样品使受试蚜繁殖力降低程度成正相关，即受试蚜的不育体比率越大，每头存活受试蚜繁殖小蚜数则越少。

这一活性高低顺序，又与我们 1975—1977 年八次小区药效试验结果基本一致，其田间效果高低顺序为 ZR-777（美国）≅ 沪农-20 > 国产 ZR-777 > JS-31 > ZR 515 > 512，738，734-II，734-II-中间体。据上述，初步认为昆虫保幼激素类似物对蚜虫活性高低，应以形成不育个体数量和不育体的不育程度为主要指标；不育性强，不但能造成繁殖力降低，而且可提高受药个体当代或下代死亡速率。若单纯以死亡率或最后残存虫数来衡量活性高低则往往会掩盖这类化合物的实际效能。其原因：一是这类化合物的活性测定是在活的植株上且经较长时间进行的，对试验材料管理稍有不善，乃会影响试虫的生存和繁殖；二是这类化合物的杀伤力一般是比不上化学农药的，有些化合物如 ZR-777，沪农-20 等，所以能在田间获得较好治蚜效果，主要是能造成蚜虫的不育种群，控制虫口上升。杀伤力强的化合物，在田间防治效果不一定高，据试验，734-II-中间体笼罩内对蚜虫控制较好，而田间药效并不理想，后据测定，证明它对棉蚜没有不育活性。

为了说明活性测定程序，先归纳几年来测定结果，ZR-777 对棉蚜活性由强至弱的顺序为 1 龄 > 2 龄 > 3 龄 > 无翅成蚜 > 有翅成蚜 > 4 龄无翅若蚜 > 4 龄有翅若蚜 > 越冬寄主上干母蚜。沪农-20 也有类似情况。这一顺序是以对当代或下代（F_1）两个阶段的活性估量的。所以，我们认为对这类化合物的初测，应以敏感性强的 1—2 龄若蚜为宜。这除了不致遗漏有活性样品外，而且易掌握试蚜龄期和能在较短时间内得到结果，减少试验误差。复测以抗性强的 4 龄有翅若蚜为宜，至今我们尚未发现对这一形态活性很高的样品，而它又是田间蚜虫扩散的后备虫源，若能获得对这一形态蚜虫具有高度活性的

类似物，在实践上将有重大意义。同时这一虫态特征明显，且几天内乃可获得试验结果。

讨论及结论

1. 1975—1977 年我们共做了 21 种昆虫保幼激素类似物对棉蚜的活性测定，对其中效果较高的 10 种做过八次防治棉蚜田间小区药效试验，结果证明以 ZR-777 和沪农-20 的效果为最高，约相当于乐果同等有效成份用量的效果，在防治上具有一定的实用价值。

2. 用 0.087% 或 0.029% ZR-777 处理 3—4 龄无翅或有翅若蚜后，可使棉蚜种群缓慢下降，残存个体中有相当数量不能发育为成蚜而形成无繁殖力的超龄若蚜或繁殖力低的"中间体"。有的能发育为成蚜，但其寿命缩短，繁殖力降低。另外，有翅型的超龄若蚜或"中间体"均无飞翔能力，能发育成有翅成蚜者，有的翅现畸形，飞翔力差，这可减轻田间蚜虫扩散。

用上述浓度处理无翅或有翅成蚜，除可致慢性死亡和降低繁殖力外，还能使受药后前两天繁殖的小蚜近全部或大部形成超龄若蚜，造成间接不育。棉蚜对 ZR-777 的敏感性由强变弱的顺序： 1 龄 > 2 龄 > 3 龄>无翅成蚜 > 有翅成蚜>4 龄无翅若蚜>4 龄有翅若蚜 > 越冬寄主上的干母蚜。ZR-777 还能造成少数若蚜无翅-有翅型的转化。

近年来，国外也做过不少关于保幼激素类似物对蚜虫活性的测定。Nasser (1973) 用 ZR-777 处理春麦蚜虫 (*Schizaphis graminum*)，结果造成若蚜或成蚜不育和缓慢死亡，这些与我们试验结果近似。但有些人的试验结果与我们不尽一致，如 Benskin (1973) 以 ZR-512 处理马铃薯蚜虫 (*Macrosiphum euphorbiae*) 认为对 3 龄若蚜最敏感；Tamaki (1973) 以 ZR-515 处理桃蚜 (*Myzus persicae*) 群体，认为影响有翅若蚜，不影响无翅蚜。这可能与我们所用保幼激素类似物种类或测定对象不同所致。

3. 用 0.087% 或 0.029% ZR-777 处理有翅或无翅成蚜后，对其胚胎发育均有干扰作用。用高剂量处理的初期表现为抑制胚胎发育，后来又表现为促进作用；用低剂量处理，一开始就表现为促进胚胎发育。胚胎发育加速并不意味着繁殖力提高或繁殖下来的小蚜虫得以成活，有的个体死于胚胎期，有的死于 2 龄之前。可能由于胚胎死于输卵管中或对母体的干扰作用，使已成熟的胚胎产不下来而降低繁殖力和加速母体死亡。

不育个体的不育程度，以生殖板的有无或硬化程度为标志，有翅蚜的不育程度还与翅芽的发育程度有关。不育个体种类有超龄若蚜，"若蚜-成蚜中间体"和"无翅-有翅中间体"。不育个体的胚胎发育很快，尤其是超龄若蚜，大量的后期胚胎和已成熟的小若蚜堵塞生殖系统是造成它寿命短的主要原因之一。

4. 昆虫保幼激素类似物对蚜虫的活性，较一般化学农药仅表现在对昆虫杀死作用复杂的多。我们认为：评价保幼激素类似物活性的高低应以造成当代或下代不育个体数量和不育程度为主要指标。不育程度高，必然导致死亡加速和繁殖力降低。室内初测以用 1—2 龄若蚜为宜，该龄期对激素最敏感；复测则用 4 龄有翅若蚜为宜，该龄期对激素抗性最强，同时它又是田间蚜虫扩散的后备虫源，对这一虫态的作用具有实践意义。

5. 据我们几年来室内和田间试验，初步认为保幼激素类似物的某些品种可以作为综合防治棉蚜中的一项措施，这主要表现在：(1) 施用后可造成一个不育种群和缓慢死亡；(2) 某些保幼激素对蚜虫的主要天敌——瓢虫的成虫和幼虫的毒力很低，有利于与生物防治相结合（未发表）；(3) 用 ZR-777 防治棉苗期蚜虫，当蚜虫密度尚高于乐果防治时，而其棉叶卷叶程度反而稍轻于用乐果防治的（昆虫学报，**19**(3)；277。1976)。但由于这类化合物一般残效性差，致使不育种群不易保持。如这方面一旦有所突破，它的实用价值必将获得显著提高。例如国外近年发展的 Ro10-3108 [6, 7-环氧-1-(对乙基苯基氧)-3-乙基-7-甲基壬烷]，就是一种在田间比较稳定而能控制多种害虫种群的品种，受到重视 (Hangartner et al.,1976)。

参　考　文　献

广东农林学院植物化学保护教研组　1976　应用昆虫保幼激素类似物防治害虫的初步试验。　昆虫学报　**19**(3): 263—81。

赵善欢　1974　昆虫保幼激素类似物研究的新进展。广东省科学技术情报研究所。

Benskin, J. and J. M. Perron　1973　Effects of an insect growth regulator with high juvenile hormone activity on apterous form of the potato aphid, *Macrosiphum euphorbiae* (Homoptera. Aphididae). *Can. Entomol.* **105**: 619—22.

Hangartner, W. W. *et al.*　1976　Synthesis and laboratory and field evaluation of a new highly active and stable insect growth regulator. *J. Agric. Food Chem.* **24**(1): 169—75.

Kuhr, R. J. and J. S. Cleere　1973　Toxic effects of synthetic juvenile hormones on several aphid species. *J. Econ. Ent.* **66**(5): 1019—22.

Nasser, S. G., G. B. Staal and N. I. Armanious　1973　Effects and control potential of insect growth regulators with juvenile hormone activity on the green bug. *J. Econ. Ent.* **68**(2): 223—6.

Slama, K., M. Romanuk, and F. Sorm　1974　Insect hormones and bioanalogues. Spinger-Verlag Wien New York.

Tamaki, G.　1973　Insect development inhibitors: Effect on reduction and delay caused by juvenile hormone mimics on the production of winged migrants of *Myzus persicae* (Hemiptera: aphididae) on peach trees. *Can. Ent.* **105**: 761—5.

THE MORPHOGENETIC AND STERILITY EFFECTS OF JUVENOIDS ON THE COTTON APHID, *APHIS GOSSYPII* G.

MU LI-YI MAO GI-YUAN
(The Teaching and Research Group of Entomology, Shantung College of Agriculture)

CHIU SHIN-FOON
(The Teaching and Research Group of Pesticides, South-China Agricultural College)

This is the second report on the effects of juvenoids on insects carried out jointly by the South-China Agricultural College and the Shantung College of Agriculture. The first report was published in **Acta Entomologica Sinica 19** (3): 263—81, 1976.

1. From 1975—1977 we have tested 21 compounds of juvenoids against the cotton aphid. Among them, it was found that kinoprene (ZR-777) and a compound "SA-20" synthesized by the Shanghai Institute of Pesticides (trans, trans-11-chloro-3, 7, 11- trimethyl 2, 4- dodecadienoic acid ethyl ester) were most effective against the cotton aphid. Their toxic effect to the aphid is about equal to that of Dimethoate. Preliminary field experiments showed that there is a possibility of the practical use of these juveniles for the control of the aphid.

2. When the apterous or winged forms of the third to fourth instar nymphs of the cotton aphid were treated with a concentration of 0.087% or 0.029% of ZR-777, the population of the aphid slowly declined Among the survivors, a certain proportion could not develop to adults and became supernumerary nymphs or intermediate forms with low reproductive capacity. Some, however, develop to adults, but their life was shortened and the reproductive capacity was decreased. The winged supernumerary nymphs or intermediate forms could not fly, because their wings were degenerated; thus the migration in the field would be greatly reduced.

When the apterous or winged adults were treated with the above concentrations of ZR-777, besides causing slow mortality and decreasing reproductive capacity, the majority of their progeny produced two days after treatment became supernumerary nymphs, thus giving rise to indirect sterility. The order of susceptibility to ZR-777 was determined to be 1st instar > 2nd instar > 3rd instar > apterous adult > winged adult > 4th instar apterous nymph > 4th instar winged nymph > fundatrigeniae on the primary host plant. After treatment with the juvenoid, intermediates between alate and apterous forms were also observed.

3. It was found that ZR-777 interfered with the embryonic development of the aphid egg. With high doses (0.087%), at early stages, the embryonic development was inhibited, but at later stages, the development was accelerated. Lower doses right from the beginning accelerated the embryonic development. The acceleration on embryonic development does not mean that the reproductive capacity of the aphid could be increased, because the individuals died either during the embryonic stage or just

before the 2nd instar. In fact, many fully-developed embryos found in the abdomen could not be deposited and the female finally died out. Thus the juvenilizing effect gave rise to indirect sterility.

4. Juvenoids can produce sterility in the F_1 progeny of the aphid. The effectiveness of sterility could be examined on the basis of the presence or absence of the genital plate or the degree of hardening of the plate. For the winged forms, the degree of the development of the wing pads may also serve as an index of sterility. Three different types of sterile individuals have been found by the authors: supernumerary nymphs, nymphal-adult intermediates and apterous-winged intermediates. The supernumerary nymphs have completely lost their power of reproduction and are usually short-lived.

5. The evaluation of the effectiveness of juvenoids is different from that of the conventional insecticides. It is not based on direct toxicity, but based on a complex of integrated physiological effects on the whole population. The evaluation of juvenoids should be based on the decrease of the reproductive capacity of the population and the formation of sterile individuals in the present as well as in the succeeding generation (F_1). For biological assay in the laboratory, we propose that preliminary experiments should be better if tests were carried out at first with the 1st– 2nd instar nymphs and then later with the winged 4th instar nymphs. It was found that the former is very susceptible, whereas the latter very resistant to the action of juvenoids.

6. Insect juvenile hormone analogs are of very low toxicity to non-target animals. These compounds together with other insect growth regulators (IGR_s) may be called highly selective "insecticides". They are remarkably specific agents, disrupting insect morphogenesis with little toxicity beyond the class Insecta. Juvenoids possess certain distinct disadvantages versus conventional insecticides. In general they can not be used in emergency situations, but they may prove to be efficient in preventing the growth of pest populations in a program of integrated control, particularly from the point of view that they are comparatively safe to the natural enemies of the insect pests (e. g. in the cotton field ZR-777 is quite safe to the beneficial lady-bird beetles). It is considered that the research on the application of juvenoids and other IGR_s for the control of insect pests is a promising field.